

Aireadores y Parámetros de Eficiencia en Haciendas Camaroneras

1. Eficiencia Energética de los Aireadores

Con base en las especificaciones de los motores, obtenidas de los catálogos de venta de los proveedores, se determinó la potencia de cada aireador, expresada inicialmente en HP. Esta potencia fue convertida a kilovatios (kW) para facilitar el cálculo de costos energéticos.

Partiendo de una eficiencia estándar de los motores del 90% (0.9), y considerando que los aireadores operan en promedio 11 horas diarias en las haciendas camaroneras, se calcularon los costos anuales de energía eléctrica. Este cálculo se realizó utilizando el precio promedio del kWh en Ecuador, proporcionando una base económica sólida para evaluar el impacto energético de cada modelo.

1.2. Costo Total de Propiedad

El costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés) para un aireador se obtuvo al sumar los siguientes componentes:

1. **Costos iniciales:** Incluyen el precio FOB (Free on Board) y los aranceles aplicados.
2. **Costos energéticos anuales:** Calculados a partir de la eficiencia energética, las horas de operación diarias y el precio del kWh.

Estos elementos permiten estimar el costo integral de operar cada aireador a lo largo de su vida útil, proporcionando una comparación detallada entre modelos.

1.3. Vida Útil y Frecuencia de Reemplazo

Adicionalmente, se recopiló información reportada por las haciendas camaroneras sobre la durabilidad de los modelos de aireadores. Los datos indican una marcada diferencia entre modelos de gama baja y gama alta:

- **Modelos de gama alta:** Vida útil de hasta 6 años, reduciendo la necesidad de reemplazos frecuentes.
- **Modelos de gama baja:** Vida útil de aproximadamente 2 años, lo que implica gastos recurrentes por importación y aranceles, a pesar de su menor costo inicial.

Estas diferencias en durabilidad tienen un impacto directo sobre los costos operativos a largo plazo, favoreciendo la inversión en modelos más duraderos.

2. Cálculo del Costo Anual de Energía para Cada Aireador

Para estimar el costo anual de energía asociado al funcionamiento de cada aireador, se usaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Potencia (kW)} = \text{Potencia (HP)} \times 0.746$$

$$\text{Consumo horario (kWh)} = \frac{\text{Potencia (kW)}}{\text{Eficiencia}}$$

$$\text{Consumo anual (kWh)} = \text{Consumo horario (kWh)} \times 11 \times 365$$

$$\text{Costo anual (USD)} = \text{Consumo anual (kWh)} \times \text{Costo por kWh (USD)}$$

2.1. Relación entre RPM y eficiencia relativa

- A **125 RPM**, sabemos que 4 aireadores por hectárea son suficientes para mantener el **50% de saturación** de oxígeno.
- A **100 RPM**, se necesitan **5 aireadores por hectárea** para alcanzar el mismo resultado.

- Esto implica que **la eficiencia relativa del aireador está directamente relacionada con las RPM**. Es decir:

$$\text{Eficiencia relativa} = \frac{\text{RPM del aireador}}{125}$$

Ejemplo:

- A 100 RPM:

$$\text{eficiencia relativa} = \frac{100}{125} = 80\%$$

- A 125 RPM:

$$\text{eficiencia relativa} = \frac{125}{125} = 100\%$$

- A 150 RPM:

$$\text{eficiencia relativa} = \frac{150}{125} = 120\%$$

2.2. Relación entre eficiencia y consumo energético

El consumo energético (en kWh) se calcula en función de los HP del motor, las horas de operación, y la eficiencia relativa de las RPM. La lógica aquí es que:

- Cuando las RPM disminuyen, el aireador es menos eficiente, lo que implica que **necesitamos más aireadores (o más tiempo de operación)** para mover la misma cantidad de agua y lograr el mismo nivel de saturación.
- Por lo tanto, el consumo energético total se ajusta considerando esta eficiencia relativa.

La fórmula que usamos es:

$$\text{Consumo por hora (kWh)} = \frac{\text{HP del motor} \times 0.746}{\text{Eficiencia relativa}}$$

Donde:

- **0.746** es el factor de conversión de HP a kW.
- **Eficiencia relativa** ajusta el consumo según las RPM.

2.3. Impacto en el modelo

- En el modelo actual, la eficiencia relativa afecta directamente al **consumo energético por aireador**.
- Como las hectáreas se multiplican por el número de aireadores necesarios para alcanzar el nivel de saturación, el consumo energético global es:

$$\text{Consumo total (kWh)} = \text{Consumo por hora (kWh)} \times \text{Horas de encendido} \times \text{Número de hectáreas} \times \text{Aireadores por hectárea}$$

- **Aireadores por hectárea:**
 - A 125 RPM: 4 aireadores/hectárea.
 - A 100 RPM: 5 aireadores/hectárea.
 - A otras RPM, se interpolan de manera proporcional.

3. El tradeoff de las decisiones de inversión (1000 hectáreas)

Los valores del **VAN (Valor Actual Neto)** cambian significativamente dependiendo de la proximidad de los **costos totales de propiedad** de ambas gamas porque el cálculo del VAN incluye tanto los **costos iniciales** como los **flujos de caja netos** anuales, y estos están directamente afectados por la diferencia en costos de propiedad.

3.1. Fórmula del Valor Actual Neto (VAN):

El VAN se calcula como:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

- F_t : Flujo neto en el año t .
- r : Tasa de descuento (o tasa de referencia).
- n : Horizonte temporal en años.

En este caso, los **flujos netos anuales** se expresan como:

$$F_t = (\text{Producción de langostino} \times \text{Precio por kg}) - (\text{CTP Alta Gama} - \text{CTP Baja Gama})$$

Donde:

- Producción de langostino = 1000 hectáreas \times 9 toneladas/hectárea = 9000 toneladas.
- Precio por kg = 5 USD/kg.

Resultados:

$$F_t = (9000 \times 5) - (7173.13 - 8172.29) = 45,000 - (-999.16) = 45,999.16 \text{ USD}$$

En otras palabras, cuando estimamos el valor presente de nuestro ahorro total al elegir aireadores más eficientes, obtenemos un flujo de 45,999.16 dólares al año, totalizando el VAN de 252,111.53 dólares al cabo de 6 años que duran los aireadores Beraqua.

3.2. Cálculo del Costo Total de Propiedad (CTP):

El **CTP** incluye los costos iniciales, de reemplazo y energéticos ajustados por inflación:

$$CTP = \text{Costo Inicial} + \sum_{i=1}^{\text{reemplazos}} \text{Costo Inicial} \times (1 + \text{Inflación})^{i \times \text{Duración}} + \sum_{j=1}^n \text{Consumo}_j \times \text{Costo kWh} \times (1 + \text{Inflación})^j$$

Resultados para Baja Gama:

$$CTP_{\text{Baja Gama}} = 667 + (667 \times 1.03^2 + 667 \times 1.03^4) + \sum_{j=1}^6 (2 \times 0.746 \div 0.8 \times 8 \times 1000 \times 0.06 \times 1.03^j)$$

$$CTP_{\text{Baja Gama}} = 8172.29 \text{ USD.}$$

Resultados para Alta Gama:

$$CTP_{\text{Alta Gama}} = 1158 + (1158 \times 1.03^6) + \sum_{j=1}^6 (2 \times 0.746 \div 1 \times 8 \times 1000 \times 0.06 \times 1.03^j)$$

$$CTP_{\text{Alta Gama}} = 7173.13 \text{ USD.}$$

3.3. Tasa Interna de Retorno (TIR):

La **TIR** se define como la tasa r que satisface:

$$\sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} = 0$$

Con $F_t = 45,999.16 \text{ USD}$ y $CTP_{\text{Alta Gama}} = 7173.13 \text{ USD}$, obtenemos:

$$TIR = 81.84\%.$$

En otras palabras, una TIR de 81.84% es similar a contratar un préstamo con intereses de 6.82% al mês. Como el camaronero opta por aireadores más baratos inicialmente, pero que duran menos, el "ahorro" percibido al no renunciar liquidez en el presente, es en realidad un tradeoff que equivale a dejar de ganar anualmente 45,999.16 USD, tal como cuando pagamos a una entidad prestadora de capital.

3.4. Índice de Costo-Efectividad (ICE):

El **ICE** mide el costo por kilogramo producido:

$$ICE = \frac{CTP}{\text{Producción Total (kg/año)}}$$

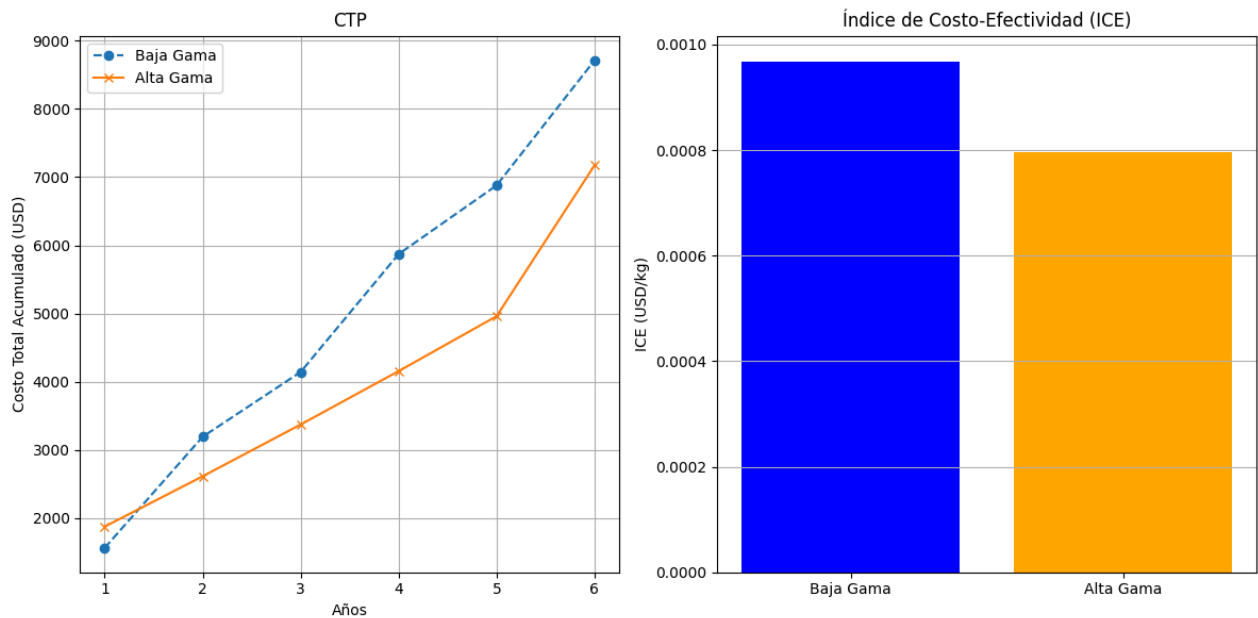
Resultados:

$$ICE_{\text{Baja Gama}} = \frac{8172.29}{9000 \times 1000} = 0.0010 \text{ USD/kg.}$$

$$ICE_{\text{Alta Gama}} = \frac{7173.13}{9000 \times 1000} = 0.0008 \text{ USD/kg.}$$

3.5. Interpretación de Resultados:

1. **CTP**: Los costos totales de propiedad son más bajos en la gama alta debido a una mayor eficiencia y menor frecuencia de reemplazo.
2. **TIR**: La TIR elevada (81.84%) sugiere que la inversión en la gama alta es significativamente rentable.
3. **ICE**: La gama alta presenta un menor costo por kilogramo producido, justificando su mayor costo inicial.



4. Indicadores de Viabilidad Financiera

4.1. Valor Actual Neto (VAN)

El **VAN** mide la diferencia entre los flujos de caja futuros descontados al valor presente y la inversión inicial. Indica el valor agregado por el proyecto.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - F_0$$

Donde:

- F_t : Flujo de caja en el periodo t .
- r : Tasa de descuento.
- F_0 : Inversión inicial.

Interpretación:

- Si $VAN > 0$, el proyecto genera valor adicional sobre la inversión inicial y es viable.
- Si $VAN < 0$, el proyecto no genera valor suficiente para cubrir el costo del capital.

Resultados con los datos proporcionados:

$$VAN = 9,630,549.15 \text{ USD}$$

4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La **TIR** es la tasa de descuento que hace que el $VAN = 0$. Es una medida de rentabilidad del proyecto en términos porcentuales.

$$\sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - F_0 = 0$$

Interpretación:

- Si $TIR > r$ (tasa de descuento), el proyecto es rentable.
- Si $TIR < r$, el proyecto no es viable.

Resultado calculado:

$$TIR = 72\%.$$

4.3. Período de Recuperación (Payback)

El **Payback** mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial a través de los flujos de caja acumulados.

$$\text{Payback} = \min \left\{ t \mid \sum_{i=0}^t F_i \geq 0 \right\}$$

Donde:

- F_i : Flujos de caja hasta el período t .

Resultado calculado:

$$\text{Payback} = 2 \text{ años.}$$

Interpretación:

- Un payback corto reduce el riesgo del proyecto, ya que recupera la inversión inicial más rápidamente.

4.4. Índice de Rentabilidad (IR)

El **IR** mide el valor presente de los beneficios futuros por cada dólar invertido.

$$IR = \frac{VAN + F_0}{F_0}$$

Donde:

- VAN : Valor actual neto calculado previamente.
- F_0 : Inversión inicial.

Resultado calculado:

$$IR = 2.45$$

Interpretación:

- Si $IR > 1$, el proyecto genera más beneficios de lo que cuesta.
- Si $IR < 1$, el proyecto no cubre adecuadamente la inversión.

4.5. Tasa Interna de Financiamiento (TIF)

El **TIF** representa el valor presente de los flujos futuros descontados al costo del capital. Se calcula como:

$$TIF = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

- r : Tasa de descuento.

Resultado calculado:

$$TIF = 9,630,549.15 \text{ USD.}$$

4.6. Flujo de Caja

Los flujos de caja F_t en nuestro modelo son anuales y calculados en función de la **amortización anual** recibida por los clientes:

$$F_t = \text{Amortización Anual.}$$

La **amortización anual** se deriva de la fórmula de pagos para un préstamo:

$$\text{Amortización Anual} = F_0 \cdot \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}}$$

Donde:

- r : Tasa de interés cobrada a los clientes.
- n : Horizonte del proyecto.

Resultados:

$$\text{Amortización Anual} = 3,469,018.76 \text{ USD.}$$

4.7. Impacto en el Proyecto

4.7.1. Horizonte de tiempo

- **VAN:**

Al aumentar el horizonte de tiempo, más flujos de caja futuros son considerados, lo que aumenta el VAN, siempre y cuando los flujos netos sean positivos. Sin embargo, los flujos más lejanos tienen menor impacto debido al descuento por el valor temporal del dinero:

- **Corto plazo:** El VAN puede ser bajo si el horizonte es muy corto, ya que no hay suficiente tiempo para acumular beneficios significativos.
- **Largo plazo:** Si el horizonte se extiende, el VAN puede mostrar mayores beneficios, pero hay un punto donde los flujos adicionales tienen un impacto marginal.

- **TIR:**

La TIR puede aumentar o disminuir dependiendo de cómo los flujos adicionales (positivos o negativos) cambien la relación entre la inversión inicial y los retornos.

- **Payback:**

Un horizonte más largo no afecta directamente el período de recuperación, pero un horizonte demasiado corto podría truncar el payback, haciéndolo parecer menos favorable.

4.7.2. Cantidad de aireadores

- **Inversión inicial:**

$$F_0 = Q \times \text{Precio Aireador.}$$

Un mayor número de aireadores aumenta directamente la inversión inicial.

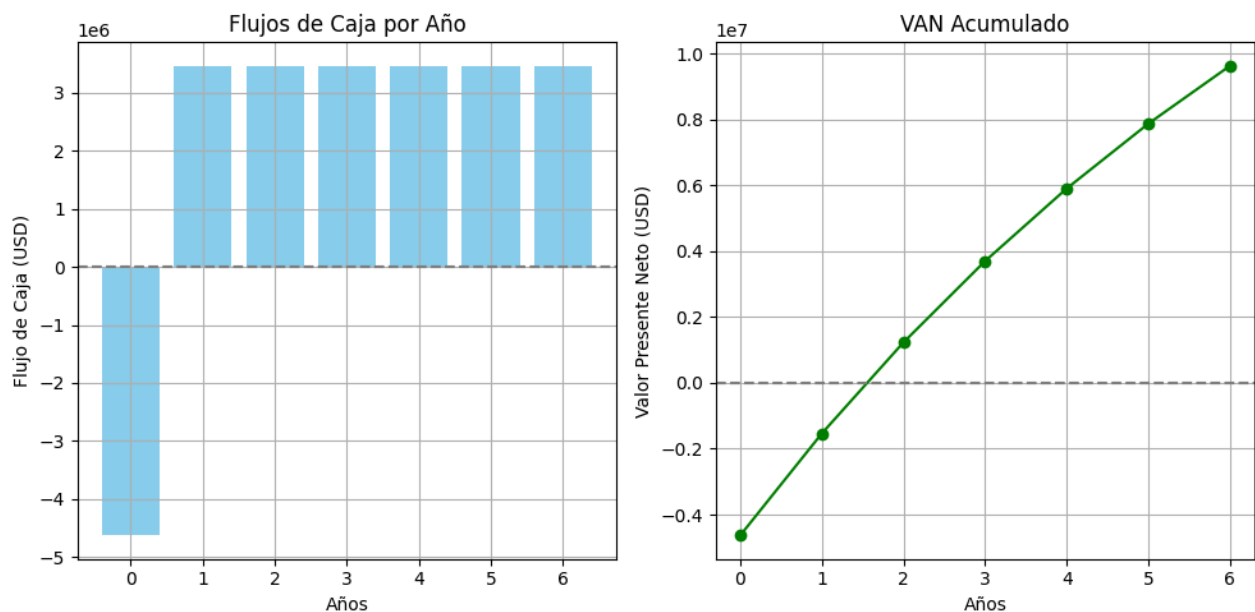
- **VAN:**

Aumentar Q incrementa tanto los flujos anuales F_t como la inversión inicial F_0 . Si los ingresos adicionales por los aireadores son proporcionales al aumento en costos, el VAN crecerá linealmente. Sin embargo:

- Si los costos aumentan más rápido que los ingresos generados, se observan **rendimientos decrecientes**.

- **TIR e IR:**

Ambos indicadores pueden mostrar **ganancias de escala** al aumentar Q si los flujos adicionales incrementan proporcionalmente más que los costos iniciales. Sin embargo, si Q es demasiado grande, los retornos pueden estabilizarse o disminuir.



5. Diagnóstico del Proyecto de Financiamiento

5.1. Encontrando la Frontera Eficiente de Rentabilidad

La frontera eficiente está dada por los pares (r_p, r_c) tales que:

$$VAN > 0 \quad \text{y} \quad IR > 1.$$

Matrices de resultados: Se construyen matrices bidimensionales para registrar el VAN y el IR calculados para diferentes combinaciones de r_p y r_c , utilizando los siguientes rangos:

- $r_p \in [0.08, 0.15]$ (tasa de préstamo, del 8% al 15%).
- $r_c \in [0.60, 0.80]$ (tasa cliente, del 60% al 80%).

Gráficos de contornos: Los resultados se representan gráficamente:

- Un gráfico de contornos para el VAN , destacando las combinaciones donde el VAN es positivo.
- Un gráfico de contornos para el IR , resaltando las combinaciones donde el $IR > 1$.

Identificación de la frontera eficiente: La superposición de ambas áreas identifica la región de la frontera eficiente. Estos puntos representan combinaciones de tasas que maximizan los ingresos y minimizan los riesgos de impago, asegurando la sostenibilidad del negocio.

5.2. Definición del Problema

El objetivo es encontrar el vector de pesos \mathbf{w} que minimiza la varianza del portafolio σ_p^2 sujeto a un rendimiento esperado μ_p dado. La formulación es la siguiente:

$$\text{Minimizar: } \sigma_p^2 = \mathbf{w}^T \Sigma \mathbf{w}$$

Sujeto a:

$$\mathbf{w}^T \mu = \mu_p, \quad \mathbf{w}^T \mathbf{1} = 1$$

donde:

- Σ es la matriz de covarianzas de los activos.
- μ es el vector de rendimientos esperados de los activos.
- $\mathbf{1}$ es un vector columna de unos.

5.3. Matrices de Cálculo

Definimos las siguientes matrices auxiliares para resolver el problema de optimización:

$$A = \mathbf{1}^T \Sigma^{-1} \mathbf{1}, \quad B = \mathbf{1}^T \Sigma^{-1} \mu, \quad C = \mu^T \Sigma^{-1} \mu$$

El determinante Δ está dado por:

$$\Delta = AC - B^2$$

5.3. Pesos del Portafolio

Los pesos \mathbf{w} se calculan como:

$$\mathbf{w} = \frac{C - \mu_p B}{\Delta} \Sigma^{-1} \mathbf{1} + \frac{\mu_p A - B}{\Delta} \Sigma^{-1} \mu$$

5.4. Varianza del Portafolio

La varianza del portafolio en función del rendimiento esperado es:

$$\sigma_p^2 = \frac{A\mu_p^2 - 2B\mu_p + C}{\Delta}$$

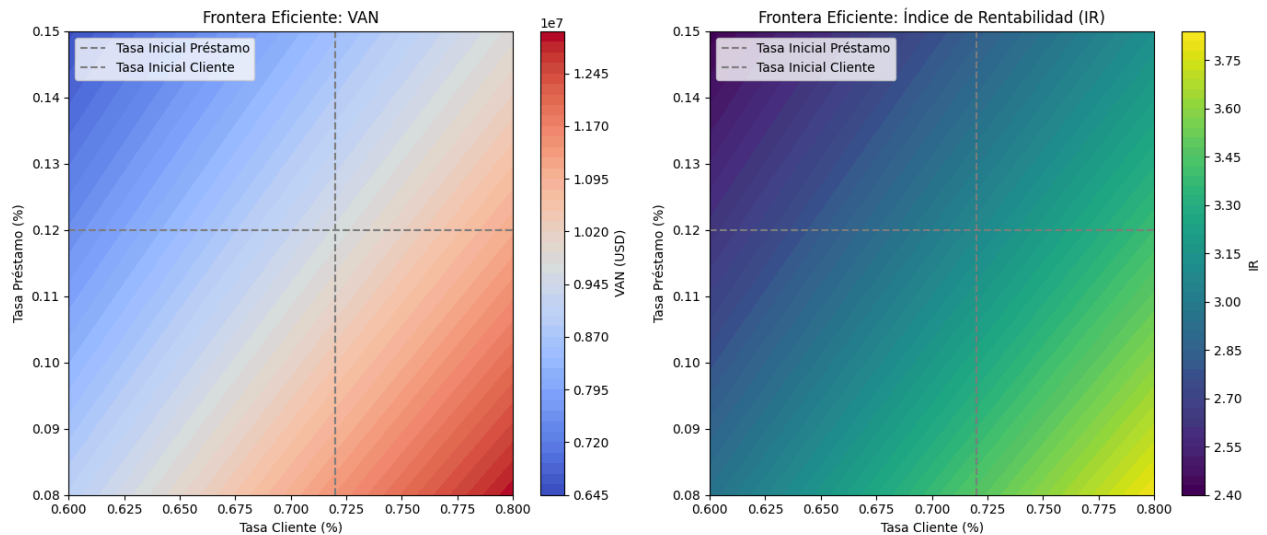
5.4. Interpretación de los Resultados

Al resolver las ecuaciones anteriores, obtenemos:

1. **Portafolio de mínima varianza:** corresponde al caso donde $\mu_p = \frac{B}{A}$.
2. **Frontera eficiente:** representa la relación entre σ_p y μ_p , obtenida al variar μ_p en el rango de los rendimientos esperados.

5.5. Observaciones:

- Si $\Delta > 0$, la matriz Σ es positiva definida, garantizando una solución única y convexa.
- Los coeficientes A , B , y C determinan la forma de la frontera eficiente.
- La curvatura de la frontera depende directamente de Δ .



5.7. Resultados

1. Gráfico de VAN (Valor Actual Neto):

- Las áreas más intensas (color rojo) en el gráfico representan los valores máximos de VAN, lo que indica las combinaciones de tasas que maximizan los beneficios financieros.
- La intersección en **Tasa de Préstamo = 0.12** y **Tasa al Cliente = 0.72** se encuentra en una región intermedia de beneficios. Aunque es razonable, no maximiza completamente el VAN.
- Para maximizar el VAN, sería ideal mover las tasas hacia la **zona roja**, es decir, tasas al cliente más altas y tasas de préstamo más bajas, siempre que sea viable desde el punto de vista competitivo y del mercado.

2. Gráfico de IR (Índice de Rentabilidad):

- Las áreas amarillas intensas del gráfico representan los valores más altos de IR, lo que refleja una mayor eficiencia de la inversión.
- La intersección en **Tasa de Préstamo = 0.12** y **Tasa al Cliente = 0.72** se encuentra en una región razonablemente alta de IR, aunque no en la zona óptima máxima.
- Para maximizar el IR, las tasas deberían ajustarse hacia **Tasa al Cliente > 0.72** y **Tasa de Préstamo < 0.12**.

3. Conclusiones combinadas:

- **Tasas óptimas sugeridas:**
 - Para maximizar el VAN: tasas cercanas a **Tasa al Cliente > 0.72** y **Tasa de Préstamo < 0.12**.
 - Para maximizar el IR: tasas similares a las que maximizan el VAN, pero con un mayor enfoque en aumentar la tasa al cliente hacia 0.75.
- **Tasa actual (0.12/0.72):**
 - La tasa actual está en un punto de equilibrio aceptable, aunque no maximiza ni el VAN ni el IR. Esto puede ser suficiente si se busca competitividad o estabilidad.
- **Recomendación:**
 - Si el objetivo es maximizar la rentabilidad y no hay restricciones fuertes, se deben ajustar las tasas hacia la **zona superior derecha** (tasas al cliente más altas y tasas de préstamo más bajas).
 - Si el objetivo es minimizar riesgos o mantener competitividad, la intersección actual es razonable y eficiente.

6. Gestión del Riesgo

6.1. Analizando la Solvencia del Sector

Se reunieron datos de 297 exportadores de camarón, y con base al total exportado entre 2017 y 2023, sabiendo que se producen 9 toneladas de camarón al año por hectarea, filtramos nuestro análisis del mercado hacia las haciendas de tamaño cercano a 1000 hectareas:

	probable_exportador	peso_netto_total \
0	fortidex_s.a.	60956249.00
1	south_pacific_seafood_s.a._sopase	47970181.81
2	mariscos_del_ecuador_marecuador_cia_ltda	35349050.99
3	tropical_packing_ecuador_s.a_tropack	32400417.06
4	compañia_empacadora_dufer_cia._ltda.	30069529.50
5	perlas_del_pacifico_paciper_s.a.	27743421.70
6	exorban_s.a	25566247.98
7	exportadora_de_productos_del_oceano_oceanprodu...	25416305.73
8	camar-expo_s.a.	24805395.40
9	comercial_pesquera_cristiansen_s.a.	23582886.02
10	pacfish_s.a.	23481523.17
11	davmercorp_s.a.	22248160.08
12	exorban_s.a.	20885978.86
13	graficas_impacto_grafimpac_s.a.	941922.24

	hectareas_aprox
0	1162.922887
1	1419.874476
2	1030.415189
3	899.355705
4	918.466954
5	818.796861
6	705.073273
7	730.204992
8	803.974544
9	694.026049
10	720.255660
11	633.299393
12	665.999707
13	604.558387

6.3. Escogiendo una Muestra

Tomando el peso neto total exportado por South Pacific Seafood, Mariscos del Ecuador, Perlas del Pacifico y Comercial Pesquera Cristiansen en los ultimos 6 años, suponiendo un precio del camarón igual a 5/kg obtenemos un ingreso bruto total de 239.85, 176.75, 138.72, 117.91 millones respectivamente

Suponiendo que estos resultados se lograron con aireadores de baja gama, estimamos el riesgo de incumplimiento de las amortizaciones anuales por parte de las haciendas, comparando el beneficio adicional que obtendrían en eficiencia para los próximos 6 años y tambien reconociendo que, aunque nuestra tasa de préstamo es elevada, aún representa menos costo de capital que el camaronero vendría incurriendo hasta ahora

6.4. Cálculo del Ingreso Bruto Anual Estimado

Dado el peso neto exportado y suponiendo un precio del camarón de 5, USD/kg:

$$\text{Ingreso Bruto Anual Estimado} = \frac{\text{Peso Neto Total} \times 5}{6}$$

Por ejemplo, para **South Pacific Seafood**:

$$\text{Ingreso Bruto Anual} = \frac{47,970,181.81 \times 5}{6} = 39,975,000 \text{ USD}$$

6.5. Cálculo de la Amortización Anual

Dado que financiamos los aireadores a una tasa del 72% anual y un horizonte de 6 años, la fórmula para calcular la amortización anual es:

$$\text{Amortización Anual} = \frac{CTP_{\text{Caro}} \cdot r}{1 - (1 + r)^{-n}}$$

Donde:

- CTP_{Caro} : Costo total de propiedad de aireadores de alta gama.
- r : Tasa de interés anual ($72\% = 0.72$).
- n : Horizonte temporal en años ($n = 6$).

Para **South Pacific Seafood** ($CTP_{\text{Caro}} = 9,118.14$ USD):

$$\text{Amortización Anual} = \frac{9,118.14 \times 0.72}{1 - (1 + 0.72)^{-6}} = 4,925,556 \text{ USD}$$

6.6. Evaluación del Riesgo de Incumplimiento

Se evalúa el riesgo de incumplimiento comparando la Amortización Anual contra el Ingreso Bruto Anual Estimado:

$$\text{Riesgo} = \begin{cases} \text{Bajo,} & \text{si Amortización Anual} \leq 30\% \times \text{Ingreso Bruto Anual} \\ \text{Moderado,} & \text{si } 30\% < \frac{\text{Amortización Anual}}{\text{Ingreso Bruto Anual}} \leq 50\% \\ \text{Alto,} & \text{si Amortización Anual} > 50\% \times \text{Ingreso Bruto Anual} \end{cases}$$

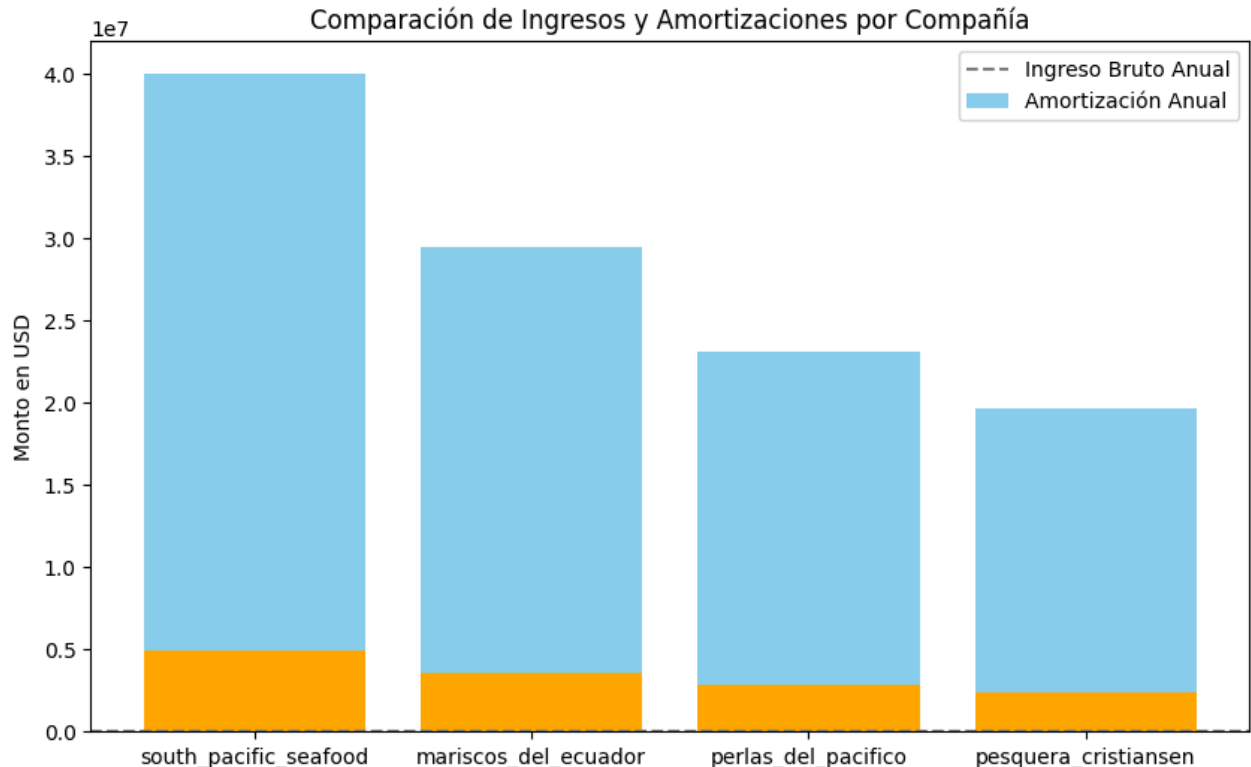
Por ejemplo, para **South Pacific Seafood**:

$$\frac{\text{Amortización Anual}}{\text{Ingreso Bruto Anual}} = \frac{4,925,556}{39,975,000} = 12.32\% \implies \text{Riesgo: Bajo}$$

Demás Camaroneras:

	Compañía	Hectáreas	Ingreso Bruto Anual Estimado (USD) \
0	south_pacific_seafood	1419.87	3.997500e+07
1	mariscos_del_ecuador	1030.42	2.945833e+07
2	perlas_del_pacifico	818.80	2.312000e+07
3	pesquera_cristiansen	694.03	1.965167e+07

	Amortización Anual (USD)	Riesgo de Incumplimiento
0	4.925556e+06	Bajo
1	3.574546e+06	Bajo
2	2.840433e+06	Bajo
3	2.407603e+06	Bajo



6.7. Conclusión

Todas las compañías muestran un **riesgo de incumplimiento bajo** en el horizonte de 6 años, dado que la amortización anual calculada representa menos del 30% de sus ingresos brutos anuales estimados.